Corrigé complet — Bac S 2009 Centres étrangers (ancien programme)

Physique-chimie, enseignement de spécialité **20 points** **3 h 30**

Ex 1	**Le parfum de pomme** Estérification · Tableau d'avancement · Taux d'avancement final · Vitesse volumique de réaction · Temps de demi-réaction · Titrage acido-basique	6,5 pts	1 h 18	22 questions	p. 2
Ex 2	**Observation des satellites de Neptune par la sonde Voyager** Lois de Kepler · Référentiel neptunocentrique · Force d'interaction gravitationnelle · Deuxième loi de Newton · Mouvement circulaire uniforme · Période de révolution	5,5 pts	1 h 05	13 questions	p. 8
Ex 3	**Autour d'un texte de Brahic** Spectre visible · Longueur d'onde et fréquence · Spectre de raies d'absorption · Quantification de l'énergie · Énergie d'un photon · Diagramme de niveaux d'énergie	4 pts	52 min	14 questions	p. 13
Ex 4	**Spécialité : émission et réception en grandes ondes** Longueur d'onde et fréquence · Modulation d'amplitude · Spectre en fréquence · Circuit LC et fréquence propre · Détection d'enveloppe et constante de temps RC	4 pts	52 min	12 questions	p. 17

Comment s'en servir. Fais d'abord le sujet en temps limité, puis corrige-toi exercice par exercice. À gauche de chaque question, sur les carreaux : ce qu'il faut écrire sur ta copie. À droite : les pièges, ce qu'il faut comprendre et les méthodes.

Le parfum de pomme

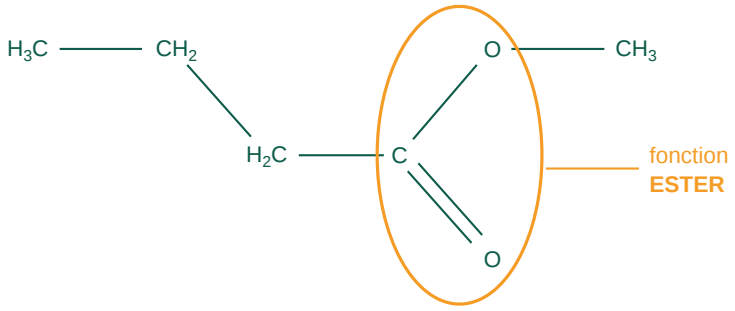
Bac S 2009 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 1 **6,5 points** **Durée conseillée 1 h 18**

1.1 Sur la figure 1 de l'annexe, entourer puis nommer la fonction chimique présente dans la molécule de butanoate de méthyle.

On entoure le groupe d'atomes $-CO-O^-$: le carbone, l'oxygène doublement lié et l'oxygène relié au groupe CH_3.

Le groupe entouré est caractéristique de la fonction **ester**.

PIÈGE
N'entourer que $C=O$: ce serait un groupe carbonyle. Le groupe ester comprend aussi l'oxygène simplement lié au carbone.



1.1 · Figure 1 de l'annexe complétée (en orange, ce que l'on trace)

1.2 Le butanoate de méthyle est obtenu à partir de deux réactifs A et B, B étant un acide carboxylique. Quelle est la famille organique de A ?

Un ester se forme par réaction entre un acide carboxylique et un alcool.

Le réactif A appartient à la famille des **alcools**.

1.3 Donner les formules semi-développées et les noms des réactifs A et B.

Dans le nom « butanoate de méthyle », la partie *butanoate* vient de l'acide (chaîne à 4 carbones) et la partie *méthyle* vient de l'alcool (1 carbone).

- A : CH_3-OH, le **méthanol** ;
- B : $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$, l'**acide butanoïque**.

A est le méthanol CH_3-OH ; B est l'acide butanoïque $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$.

MÉTHODE
Pour retrouver les réactifs d'un ester $R-COO-R'$, couper la liaison $C-O$ simple : $R-CO$ redonne l'acide $R-COOH$, $O-R'$ redonne l'alcool $R'-OH$.

1.4 En déduire l'équation de la réaction modélisant cette synthèse.

Le méthanol et l'acide butanoïque donnent l'ester et de l'eau (avec $C_3H_7^-$ pour $CH_3-CH_2-CH_2^-$) :

$$CH_3OH_{(\ell)} + C_3H_7COOH_{(\ell)} = C_3H_7COOCH_{3(\ell)} + H_2O_{(\ell)}$$

COMPRENDRE
Le signe « = » est la notation de ce sujet. La transformation étant limitée, on écrit aujourd'hui la double flèche $\rightleftharpoons$. Vérifier la conservation : 5 C, 12 H et 3 O de chaque côté.

1.5 Quel est le nom de cette synthèse chimique ?

Cette synthèse est une **estérification**.

2.1.1 Compléter le tableau d'avancement 1 de l'annexe avec les notations de l'énoncé.

Données utiles $A_{(\ell)} + B_{(\ell)} = C_{(\ell)} + H_2O_{(\ell)}$

Tous les nombres stœchiométriques valent 1 : chaque réactif perd x mol, chaque produit gagne x mol.

État intermédiaire : $n_{0,A} - x$; $n_{0,B} - x$; x ; x. État final : mêmes expressions avec x_f.

PIÈGE
Le sujet impose les notations : laisser $n_{0,A}$ et $n_{0,B}$ dans le tableau, sans les remplacer par 1,0 mol.

Équation de la réaction		A(ℓ) +	B(ℓ) =	C(ℓ) +	H_2O(ℓ)
État	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	x = 0	$n_{0,A}$	$n_{0,B}$	0	0
État intermédiaire	x	$n_{0,A} - x$	$n_{0,B} - x$	x	x
État final	x_f	$n_{0,A} - x_f$	$n_{0,B} - x_f$	x_f	x_f

2.1.1 · Tableau d'avancement 1 complété (en orange, ce que l'on écrit)

2.1.2 Établir la relation entre n_C, n_B (dans un état intermédiaire quelconque) et la quantité initiale $n_{0,B}$.

D'après le tableau d'avancement, dans un état intermédiaire : $n_C = x$ et $n_B = n_{0,B} - x$.

En remplaçant x par n_C : $n_B = n_{0,B} - n_C$.

$n_C = n_{0,B} - n_B$

2.1.3 À l'aide de la relation précédente, compléter le tableau 2 de l'annexe en calculant n_C pour les valeurs de n_B données.

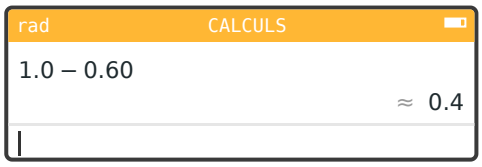
Données utiles $n_{0,B} = 1{,}0$ mol ; $n_C = n_{0,B} - n_B$ (2.1.2)

- $n_B = 0{,}60$ mol : $n_C = 1{,}0 - 0{,}60 = 0{,}4$ mol ;
- $n_B = 0{,}50$ mol : $n_C = 1{,}0 - 0{,}50 = 0{,}5$ mol ;
- $n_B = 0{,}40$ mol : $n_C = 1{,}0 - 0{,}40 = 0{,}6$ mol.

$n_C = 0{,}4$ mol ; 0,5 mol ; 0,6 mol

COMPRENDRE
Pour une soustraction, le résultat garde autant de décimales que la donnée la moins précise : $n_{0,B} = 1{,}0$ mol est connue au dixième, donc n_C aussi.

À LA CALCULATRICE



n_B (mol)	0,60	0,50	0,40
n_C (mol)	0,4	0,5	0,6

2.1.3 · Tableau 2 complété

2.1.4 Sur la figure 2, identifier en justifiant la courbe donnant la quantité d'acide carboxylique et celle donnant la quantité de butanoate de méthyle au cours du temps.

L'acide carboxylique B est un réactif : sa quantité vaut $n_{0,B} = 1{,}0$ mol à $t = 0$, puis elle diminue. C'est la courbe 2.

Le butanoate de méthyle C est un produit : sa quantité est nulle à $t = 0$, puis elle augmente. C'est la courbe 1.

Courbe 2 : acide carboxylique B. Courbe 1 : butanoate de méthyle C.

COMPRENDRE
Contrôle avec le tableau 2 : à chaque date la somme des deux ordonnées vaut 1,0 mol, et les courbes se croisent à 0,50 mol.

2.2 Donner l'expression du taux d'avancement final de la réaction, puis calculer sa valeur.

Données utiles $n_{0,A} = n_{0,B} = 1{,}0$ mol ; palier de la courbe 1 (figure 2)

Le taux d'avancement final est $\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}}$.

Avancement final : $x_f = n_{C,f}$. Le palier de la courbe 1 se lit à $x_f \approx 0{,}67$ mol.

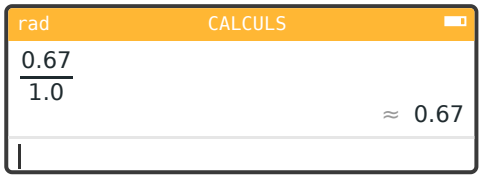
Avancement maximal : si la réaction était totale, les réactifs, en quantités égales, seraient entièrement consommés : $n_{0,B} - x_{max} = 0$, soit $x_{max} = 1{,}0$ mol.

$$\tau = \frac{0{,}67}{1{,}0} = 0{,}67$$

$\tau = \dfrac{x_f}{x_{max}} = 0{,}67$, soit 67 %

COMPRENDRE
$\tau < 1$: la transformation est limitée. Dans l'état final, les quatre espèces coexistent et les quantités ne varient plus : c'est un état d'équilibre.

À LA CALCULATRICE



2.3.1 La vitesse volumique de réaction est $v = \dfrac{1}{V_{tot}} \dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t}$. Établir l'expression de v en fonction de V_{tot} et n_C.

D'après le tableau d'avancement, $n_C = x$ à chaque instant, donc $\dfrac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} = \dfrac{\mathrm{d}n_C}{\mathrm{d}t}$.

$v = \dfrac{1}{V_{tot}} \dfrac{\mathrm{d}n_C}{\mathrm{d}t}$

COMPRENDRE
À volume constant, cette expression s'écrit aussi $v = \dfrac{\mathrm{d}[C]}{\mathrm{d}t}$: c'est la vitesse volumique d'apparition de l'ester, forme utilisée dans le programme actuel.

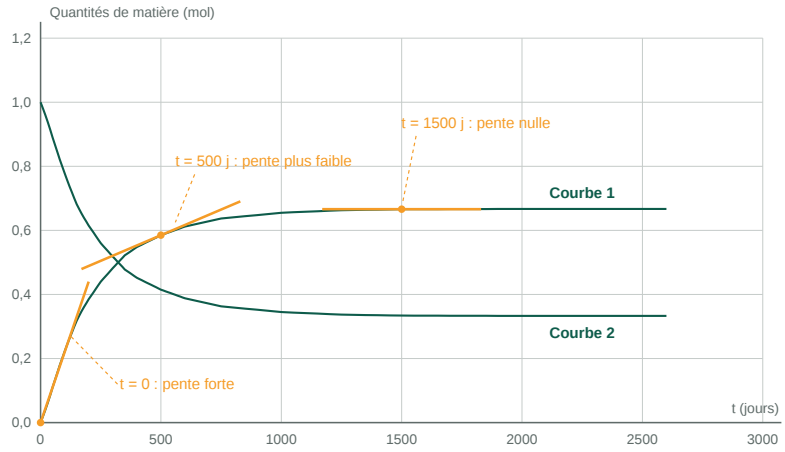
2.3.2 À l'aide d'une des courbes de la figure 2, expliquer en justifiant comment évolue la vitesse volumique au cours du temps.

V_{tot} est constant, donc v est proportionnelle à $\dfrac{\mathrm{d}n_C}{\mathrm{d}t}$, c'est-à-dire au coefficient directeur de la tangente à la courbe 1 à la date considérée.

Les tangentes à la courbe 1 sont de moins en moins inclinées quand t augmente, puis horizontales sur le palier.

La vitesse volumique de réaction **diminue** au cours du temps, jusqu'à s'annuler dans l'état final.

COMPRENDRE
Explication microscopique : les réactifs sont consommés, leur concentration baisse (facteur cinétique), les chocs efficaces deviennent plus rares.



2.3.2 · Figure 2 : tangentes à la courbe 1 à trois dates

2.4 Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$, puis déterminer sa valeur à l'aide d'une des courbes de la figure 2.

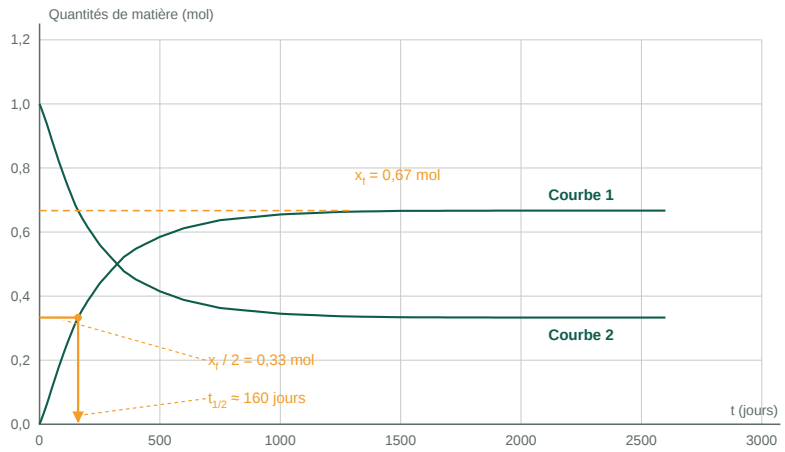
Données utiles $x_f = 0{,}67$ mol (2.2)

Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale : $x(t_{1/2}) = \dfrac{x_f}{2}$.

Ici $n_C = x$, donc à $t_{1/2}$: $n_C = \dfrac{0{,}67}{2} \approx 0{,}33$ mol.

Sur la courbe 1, l'ordonnée 0,33 mol correspond à une abscisse d'environ 160 jours.

$t_{1/2} \approx 1{,}6 \times 10^2$ jours

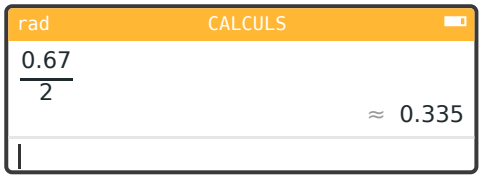


2.4 · Figure 2 : lecture du temps de demi-réaction sur la courbe 1

PIÈGE
Prendre la moitié de x_{max} (0,50 mol) : on lirait environ 320 jours. La réaction est limitée, c'est $x_f/2$ qu'il faut reporter.

MÉTHODE
Lecture graphique : tracer l'horizontale d'ordonnée $x_f/2$ jusqu'à la courbe, puis la verticale jusqu'à l'axe des temps. Laisser les traits de construction sur l'annexe.

À LA CALCULATRICE



2.5.1 Sans changer la nature des réactifs, proposer une méthode pour écourter la durée de cette synthèse.

La température est un facteur cinétique : plus elle est élevée, plus la transformation est rapide.

On **augmente la température** du milieu réactionnel (chauffage à reflux).

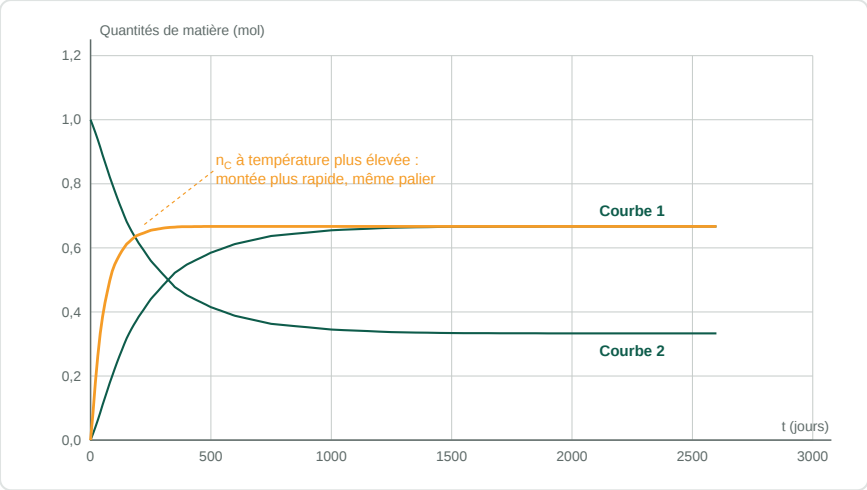
COMPRENDRE
Autre réponse acceptée : ajouter un catalyseur (quelques gouttes d'acide sulfurique). Les réactifs restent les mêmes dans les deux cas.

2.5.2 Sur la figure 2, tracer à la main l'allure de la courbe $n_C(t)$ qui sera alors obtenue.

La nouvelle courbe part aussi de l'origine, mais avec une tangente plus inclinée : elle passe au-dessus de la courbe 1 et rejoint plus tôt le même palier, $n_C \approx 0{,}67$ mol.

Courbe au-dessus de la courbe 1, plus raide au départ, de même palier final.

PIÈGE
Tracer un palier plus haut. Un facteur cinétique raccourcit la durée de la transformation ; pour une estérification, l'état final reste le même.



2.5.2 · Figure 2 complétée : allure de $n_C(t)$ à température plus élevée (en orange)

3.1 Écrire l'équation de la réaction qui a lieu lors du dosage de l'acide carboxylique AH par la solution d'hydroxyde de sodium.

L'acide AH cède un ion H^+ à la base HO^- :

$$AH_{(aq)} + HO^-_{(aq)} \longrightarrow A^-_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

COMPRENDRE
Les ions Na^+ sont spectateurs : ils n'apparaissent pas dans l'équation. Une réaction support de titrage doit être totale et rapide, d'où la flèche simple.

3.2 Définir la notion d'équivalence.

L'équivalence est l'état du titrage où le réactif titrant et le réactif titré ont été introduits dans les **proportions stœchiométriques** : tous deux sont alors entièrement consommés.

COMPRENDRE
Autre formulation acceptée : à l'équivalence, il y a changement de réactif limitant (avant, c'est HO^- ; après, c'est AH).

3.3 Avec les notations de l'énoncé, compléter le tableau d'avancement 3 de l'annexe, correspondant à l'équivalence.

À l'équivalence, la quantité d'ions hydroxyde apportée est $C_b \cdot V_E$; la quantité d'acide initialement présente dans le prélèvement est $n_0(AH)$.

État maximal : $n_0(AH) - x_{max}$; $C_b \cdot V_E - x_{max}$; x_{max} ; eau : solvant (en excès).

Équation de la réaction		AH(aq) +	HO^-(aq) →	A^-(aq) +	$H_2O(\ell)$
État	Avancement (en mol)	Quantités de matière (en mol)			
État initial	x = 0	n_0(AH)	$C_b \cdot V_E$	0	solvant
État intermédiaire	x	n_0(AH) − x	$C_b \cdot V_E$ − x	x	solvant
État maximal	x_{max}	n_0(AH) − x_{max}	$C_b \cdot V_E$ − x_{max}	x_{max}	solvant

3.3 · Tableau d'avancement 3 complété, à l'équivalence

3.4 En déduire la quantité de matière $n_0(AH)$ d'acide carboxylique dosée.

Données utiles $C_b = 2{,}0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$; $V_E = 17{,}0$ mL

À l'équivalence, les deux réactifs sont entièrement consommés dans l'état maximal :

$n_0(AH) - x_{max} = 0$ et $C_b \cdot V_E - x_{max} = 0$, donc $n_0(AH) = C_b \cdot V_E$.

$$n_0(AH) = 2{,}0 \times 17{,}0 \times 10^{-3} = 3{,}4 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$n_0(AH) = C_b \cdot V_E = 3{,}4 \times 10^{-2}$ mol

PIÈGE
Laisser V_E en millilitres : il faut $17{,}0 \times 10^{-3}$ L. Deux chiffres significatifs, comme C_b.

3.5 En déduire la quantité de matière totale d'acide carboxylique restant dans le milieu réactionnel à la fin de la réaction, avant le dosage.

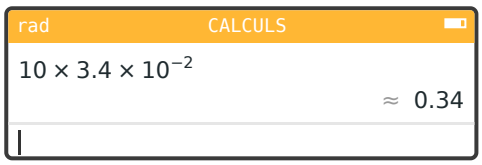
Données utiles $n_0(AH) = 3{,}4 \times 10^{-2}$ mol (3.4) ; prélèvement : un dixième du volume total

Le prélèvement représente un dixième du volume total : le milieu réactionnel contient dix fois plus d'acide.

$$n(AH) = 10 \times n_0(AH) = 10 \times 3{,}4 \times 10^{-2} = 0{,}34 \text{ mol}$$

$n(AH) = 0{,}34$ mol

À LA CALCULATRICE



3.6 Ce résultat est-il compatible avec les données de la courbe 2 ? Justifier.

Données utiles $n(AH) = 0{,}34$ mol (3.5)

La courbe 2 donne la quantité d'acide carboxylique. Dans l'état final, son palier se lit à environ 0,34 mol.

Le dosage donne 0,34 mol et la courbe 2 donne environ 0,34 mol : le résultat est **compatible**.

COMPRENDRE
Autre contrôle : $n_{B,f} = n_{0,B} - x_f = 1{,}0 - 0{,}67 = 0{,}33$ mol, en accord avec le dosage à la précision des lectures graphiques.

3.7 On désire rendre la réaction de synthèse totale. Cocher dans le tableau 4 de l'annexe la ou les propositions le permettant.

- Température plus élevée : plus rapide, même avancement final.
- Soude à la place de A : réaction acido-basique avec B, pas d'ester.
- Anhydride d'acide à la place de B : réaction totale.
- 3,0 mol de A et de B : mélange stœchiométrique, même taux final.

Une seule case à cocher : « remplacer le réactif B par un anhydride d'acide ».

COMPRENDRE
Ce qui déplacerait l'équilibre : un large excès d'un seul réactif, ou l'élimination d'un produit au fur et à mesure. Tripler les deux quantités ne fait ni l'un ni l'autre.

Pour rendre la synthèse totale, on peut :	Case à cocher
– augmenter la température du milieu réactionnel	
– remplacer le réactif A par de la soude	
– remplacer le réactif B par un anhydride d'acide	✓
– utiliser 3,0 mol de A et 3,0 mol de B	

3.7 · Tableau 4 complété

Observation des satellites de Neptune par la sonde Voyager

Bac S 2009 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 2 **5,5 points** **Durée conseillée 1 h 05**

1.1 Choisir le référentiel dans lequel est décrite l'orbite elliptique de Néréide : héliocentrique, néréidocentrique, neptunocentrique ou géocentrique.

Néréide est un satellite de Neptune : son orbite est décrite par rapport au centre de Neptune.

Réponse **c** : référentiel neptunocentrique.

COMPRENDRE
Ce référentiel a pour origine le centre de Neptune et des axes dirigés vers des étoiles lointaines. Dans le référentiel néréidocentrique, Néréide serait immobile.

1.2 Énoncer les première et deuxième lois de Kepler appliquées au cas étudié.

Première loi (loi des orbites) : dans le référentiel neptunocentrique, la trajectoire du centre de Néréide est une ellipse dont le centre N de Neptune est l'un des foyers.

Deuxième loi (loi des aires) : le segment qui joint le centre de Neptune à celui de Néréide balaie des aires égales pendant des durées égales.

Orbite elliptique de foyer N ; aires balayées égales pendant des durées égales.

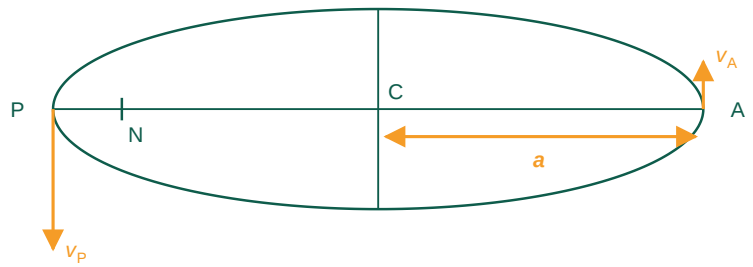
PIÈGE
Énoncer les lois avec « le Soleil » et « la planète ». La question demande de les appliquer au cas étudié : l'astre attracteur est Neptune, le satellite est Néréide.

1.3 Placer sur la figure 1 de l'annexe la demi-longueur a du grand axe de l'orbite de Néréide.

Le grand axe est le segment [PA]. Sa demi-longueur est la distance du centre C de l'ellipse à l'un des sommets : $a = CA = CP = \dfrac{PA}{2}$.

a est la longueur du segment [CA] (ou [CP]), tracée en orange sur l'annexe.

PIÈGE
Mesurer a à partir de N. Neptune occupe un foyer, pas le centre de l'ellipse : NA et NP sont différents de a.



1.3 · Annexe complétée : demi-grand axe a (question 1.3) et vitesses en P et A (question 1.4.2)

1.4.1 Quelle relation relie les aires balayées autour du péricentre (N, P1, P2) et autour de l'apocentre (N, A1, A2) pendant une même durée ?

Les deux surfaces sont balayées par le segment Neptune-Néréide pendant la même durée. D'après la deuxième loi de Kepler, elles ont la même aire.

$\mathcal{A}(NP_1P_2) = \mathcal{A}(NA_1A_2)$

1.4.2 Comparer alors les vitesses de Néréide aux points A et P.

Les arcs P_1P_2 et A_1A_2 sont parcourus pendant la même durée Δt. Près de P, le segment Neptune-Néréide est court : pour balayer la même aire, l'arc doit être plus long. Donc $P_1P_2 > A_1A_2$.

Vitesses moyennes sur ces arcs : $v_P = \dfrac{P_1P_2}{\Delta t}$ et $v_A = \dfrac{A_1A_2}{\Delta t}$.

$v_P > v_A$: Néréide est plus rapide au péricentre qu'à l'apocentre.

COMPRENDRE
Sur l'annexe (figure de la question 1.3), les vecteurs vitesse sont tangents à l'ellipse en P et en A, donc perpendiculaires au grand axe, et celui tracé en P est le plus long.

MÉTHODE
Loi des aires : plus le satellite est proche de l'astre attracteur, plus il va vite. Vitesse maximale au péricentre, minimale à l'apocentre.

1.5.1 Énoncer la troisième loi de Kepler.

Pour tous les satellites d'un même astre (ici Neptune), le carré de la période de révolution T est proportionnel au cube de la demi-longueur a du grand axe de l'orbite :

$\dfrac{T^2}{a^3} = \text{constante}$, la même pour tous les satellites de Neptune.

COMPRENDRE
Pour une orbite circulaire, a est le rayon de l'orbite. La constante vaut $\dfrac{4\pi^2}{G\,M_N}$: elle ne dépend que de la masse de Neptune (résultat établi en 2.4).

1.5.2 Calculer la valeur de $\dfrac{T_{rev}^2}{R_1^3}$ en $\text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$.

Données utiles $T_{rev} = 5{,}877$ jours solaires ; $R_1 = 3{,}547 \times 10^5$ km ; 1 jour solaire = 86 400 s

Conversions : $T_{rev} = 5{,}877 \times 86\,400 = 5{,}078 \times 10^5$ s et $R_1 = 3{,}547 \times 10^5$ km $= 3{,}547 \times 10^8$ m.

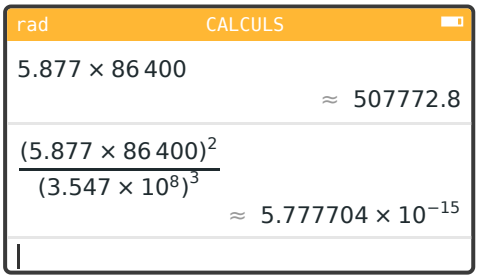
$$\frac{T_{rev}^2}{R_1^3} = \frac{(5{,}877 \times 86\,400)^2}{(3{,}547 \times 10^8)^3}$$

$\dfrac{T_{rev}^2}{R_1^3} = 5{,}778 \times 10^{-15}\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$

PIÈGE
Laisser R_1 en kilomètres ou T_{rev} en jours : l'unité imposée est $\text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$. Une erreur de 10^3 sur R_1 devient 10^9 sur le résultat.

COMPRENDRE
Quatre chiffres significatifs, comme les données T_{rev} et R_1. Le résultat s'exprime avec autant de chiffres que la donnée la moins précise.

À LA CALCULATRICE



1.5.3 En déduire la période de révolution T_{ner} de Néréide, puis comparer à la valeur donnée dans le texte.

Données utiles $a = 5513 \times 10^3$ km ; $\frac{T_{rev}^2}{R_1^3} = 5{,}778 \times 10^{-15}\ \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-3}$ (1.5.2) ; texte : 360 jours

Triton et Néréide sont deux satellites de Neptune. D'après la troisième loi de Kepler :

$$\frac{T_{ner}^2}{a^3} = \frac{T_{rev}^2}{R_1^3} \quad \text{donc} \quad T_{ner} = \sqrt{\frac{T_{rev}^2}{R_1^3} \times a^3}$$

Avec $a = 5513 \times 10^3\ \text{km} = 5{,}513 \times 10^9$ m :

$T_{ner} = \sqrt{5{,}778 \times 10^{-15} \times (5{,}513 \times 10^9)^3} = 3{,}111 \times 10^7$ s, soit $\frac{3{,}111 \times 10^7}{86\,400} = 360{,}1$ jours solaires.

$T_{ner} = 3{,}111 \times 10^7$ s $\approx 360{,}1$ jours : valeur en accord avec les 360 jours du texte.

MÉTHODE

Plus rapide : $T_{ner} = T_{rev} \times \left(\frac{a}{R_1}\right)^{3/2}$. Dans un rapport, il suffit que a et R_1 aient la même unité (km) ; T_{ner} sort alors directement en jours.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\sqrt{5.778 \times 10^{-15} \times (5.513 \times 10^9)^3} \approx 3.111507 \times 10^7$

$\frac{\sqrt{5.778 \times 10^{-15} \times (5.513 \times 10^9)^3}}{86\,400} \approx 360.1281$

2.1 Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par Neptune sur Triton et calculer sa valeur.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_N = 1{,}025 \times 10^{26}$ kg ; $M_1 = 2{,}147 \times 10^{22}$ kg ; $R_1 = 3{,}547 \times 10^8$ m

La force est attractive, dirigée de T vers N, donc de sens opposé à $\vec{u}$:

$$\vec{F} = -\frac{G\,M_N\,M_1}{R_1^2}\,\vec{u}$$

Valeur : $F = \frac{G\,M_N\,M_1}{R_1^2} = \frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 1{,}025 \times 10^{26} \times 2{,}147 \times 10^{22}}{(3{,}547 \times 10^8)^2}$

$\vec{F} = -\frac{G\,M_N\,M_1}{R_1^2}\,\vec{u}$ et $F = 1{,}17 \times 10^{21}$ N

PIÈGE

Oublier le signe « $-$ » : $\vec{u}$ est orienté de N vers T, la force attire Triton vers N. La valeur F, elle, est positive. Penser aussi à convertir R_1 en mètres.

COMPRENDRE

Trois chiffres significatifs seulement : G est la donnée la moins précise.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$\frac{6.67 \times 10^{-11} \times 1.025 \times 10^{26} \times 2.147 \times 10^{22}}{(3.547 \times 10^8)^2} \approx 1.1667 \times 10^{21}$

2.2 Le mouvement de Triton étant uniforme, établir avec la deuxième loi de Newton l'expression de sa vitesse V en fonction de M_N, R_1 et G.

Système {Triton}, de masse M_1 ; référentiel neptunocentrique supposé galiléen ; seule force : $\vec{F}$.

Deuxième loi de Newton : $\vec{F} = M_1\,\vec{a}$, soit $-\dfrac{G\,M_N\,M_1}{R_1^2}\,\vec{u} = M_1\,\vec{a}$, donc $\vec{a} = -\dfrac{G\,M_N}{R_1^2}\,\vec{u}$.

Le mouvement est circulaire et uniforme : l'accélération est centripète, de valeur $a = \dfrac{V^2}{R_1}$.

En égalant les deux valeurs : $\dfrac{V^2}{R_1} = \dfrac{G\,M_N}{R_1^2}$, d'où $V^2 = \dfrac{G\,M_N}{R_1}$.

$$V = \sqrt{\frac{G\,M_N}{R_1}}$$

PIÈGE
Ne pas préciser le système et le référentiel galiléen, ou écrire $a = \dfrac{V^2}{R_1}$ sans rappeler que le mouvement est circulaire uniforme.

COMPRENDRE
La masse M_1 de Triton se simplifie : la vitesse sur une orbite circulaire ne dépend que de l'astre attracteur et du rayon de l'orbite.

2.3 Calculer cette vitesse V et la comparer à celle donnée dans l'énoncé.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_N = 1{,}025 \times 10^{26}$ kg ; $R_1 = 3{,}547 \times 10^8$ m ; $v_0 = 4\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$

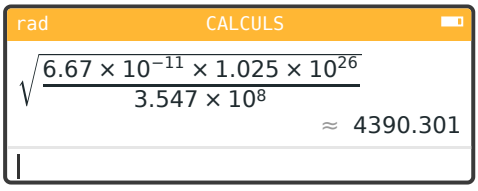
$$V = \sqrt{\frac{G\,M_N}{R_1}} = \sqrt{\frac{6{,}67 \times 10^{-11} \times 1{,}025 \times 10^{26}}{3{,}547 \times 10^8}} = 4{,}39 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

L'énoncé donne $v_0 = 4\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$, avec un seul chiffre significatif : $4{,}39$ arrondi à un chiffre donne bien 4.

$V = 4{,}39 \times 10^3\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1} = 4{,}39\ \text{km} \cdot \text{s}^{-1}$, en accord avec v_0.

PIÈGE
Conclure à un désaccord parce que $4{,}39 \neq 4$. Une comparaison tient compte de la précision de la valeur donnée, ici un seul chiffre significatif.

À LA CALCULATRICE



2.4 Montrer que la période de révolution T_{rev} de Triton peut s'exprimer en fonction de M_N, R_1 et G.

Pendant une période T_{rev}, Triton parcourt à vitesse constante le périmètre $2\pi R_1$ de son orbite : $V = \dfrac{2\pi R_1}{T_{rev}}$, donc $T_{rev} = \dfrac{2\pi R_1}{V}$.

Avec $V = \sqrt{\dfrac{G\,M_N}{R_1}}$ (2.2) : $T_{rev} = 2\pi R_1 \sqrt{\dfrac{R_1}{G\,M_N}}$

$$T_{rev} = 2\pi\sqrt{\frac{R_1^3}{G\,M_N}}$$

COMPRENDRE
En élevant au carré, $\dfrac{T_{rev}^2}{R_1^3} = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_N}$: on retrouve la troisième loi de Kepler et l'expression de sa constante.

2.5 Calculer la valeur de T_{rev} et comparer à la valeur donnée par l'énoncé.

Données utiles $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$; $M_N = 1{,}025 \times 10^{26}$ kg ; $R_1 = 3{,}547 \times 10^{8}$ m ; énoncé : 5,877 jours solaires

$$T_{rev} = 2\pi\sqrt{\frac{(3{,}547 \times 10^{8})^3}{6{,}67 \times 10^{-11} \times 1{,}025 \times 10^{26}}} = 5{,}08 \times 10^{5}\ \text{s}$$

En jours solaires : $T_{rev} = \dfrac{5{,}076 \times 10^{5}}{86\,400} = 5{,}88$ jours.

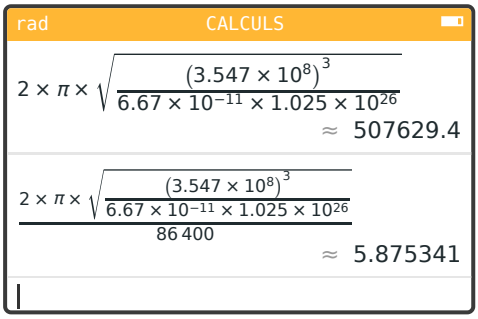
L'énoncé donne 5,877 jours, soit 5,88 jours avec trois chiffres significatifs : les deux valeurs concordent.

$T_{rev} = 5{,}08 \times 10^{5}\ \text{s} = 5{,}88$ jours solaires, en accord avec l'énoncé.

PIÈGE
Diviser la valeur déjà arrondie ($5{,}08 \times 10^{5}$ s) par 86 400 : on conserve la valeur complète de la calculatrice pour les calculs intermédiaires.

COMPRENDRE
Le calcul donne 5,875 jours, à 0,03 % de la valeur de l'énoncé. Le résultat se limite à trois chiffres significatifs à cause de G.

À LA CALCULATRICE



Autour d'un texte de Brahic

Bac S 2009 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 3 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1.1 Donner les valeurs limites des longueurs d'onde dans le vide du spectre visible, en précisant les couleurs concernées.

Le spectre visible s'étend, dans le vide, du violet au rouge.

De $\lambda \approx 400$ nm (violet) à $\lambda \approx 800$ nm (rouge).

PIÈGE
Inverser les deux extrémités. Le violet a la plus petite longueur d'onde ; en dessous de 400 nm se trouve l'ultraviolet, au-dessus de 800 nm l'infrarouge.

1.2 Quelle relation lie la longueur d'onde dans le vide d'une radiation monochromatique et sa fréquence ? Préciser les unités.

$\lambda = \dfrac{c}{\nu}$, avec λ en mètre (m), c en mètre par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) et ν en hertz (Hz).

COMPRENDRE
La fréquence ν caractérise la radiation et ne dépend pas du milieu. La longueur d'onde, elle, en dépend : d'où la précision « dans le vide ».

1.3 Calculer l'ordre de grandeur des longueurs d'onde dans le vide des micro-ondes et des rayons X.

Données utiles $c = 2{,}997 \times 10^{8}\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $\nu_{\text{micro-ondes}} = 3{,}0 \times 10^{14}$ Hz ; $\nu_X = 3{,}0 \times 10^{18}$ Hz

On applique $\lambda = \dfrac{c}{\nu}$ (question 1.2).

$$\lambda_{\text{micro-ondes}} = \frac{2{,}997 \times 10^{8}}{3{,}0 \times 10^{14}} = 1{,}0 \times 10^{-6}\ \text{m}$$

$$\lambda_X = \frac{2{,}997 \times 10^{8}}{3{,}0 \times 10^{18}} = 1{,}0 \times 10^{-10}\ \text{m}$$

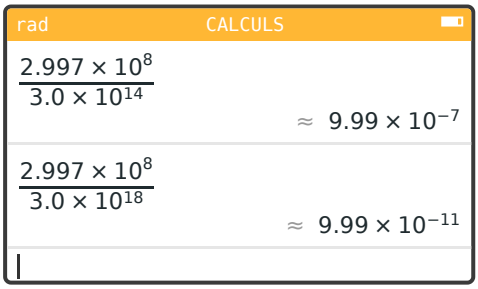
La fréquence fournie pour les micro-ondes correspond en réalité à l'infrarouge proche ; on conserve la valeur de l'énoncé.

Ordres de grandeur : $\lambda_{\text{micro-ondes}} \sim 10^{-6}$ m (le micromètre) et $\lambda_X \sim 10^{-10}$ m (le dixième de nanomètre).

COMPRENDRE
Les fréquences ont deux chiffres significatifs : le résultat aussi. Un ordre de grandeur est la puissance de dix la plus proche de la valeur.

COMPRENDRE
Les micro-ondes ont des longueurs d'onde du millimètre au décimètre, soit des fréquences de l'ordre de 10^{9} à 10^{11} Hz. La valeur $3{,}0 \times 10^{14}$ Hz de l'énoncé est trop grande.

À LA CALCULATRICE



1.4 Indiquer, en justifiant, laquelle de ces deux radiations est la plus énergétique.

L'énergie d'un photon vaut $E = h\nu$: elle est proportionnelle à la fréquence de la radiation.

Or $\nu_X > \nu_{\text{micro-ondes}}$ ($3{,}0 \times 10^{18}$ Hz contre $3{,}0 \times 10^{14}$ Hz).

Le rayonnement X est le plus énergétique.

COMPRENDRE
La phrase du texte sur la couleur dominante d'un corps chaud relève du rayonnement du corps noir, qui n'est plus au programme actuel de spécialité. Aucune question ne l'utilise ici.

MÉTHODE
Avec les longueurs d'onde, on écrit $E = \dfrac{hc}{\lambda}$: plus λ est petite, plus le photon est énergétique. Les deux raisonnements sont acceptés.

2.1 Les raies observées sur le spectre de la figure 1 sont-elles des raies d'émission ou d'absorption ?

Les raies sont noires sur un fond coloré continu : certaines radiations de la lumière blanche ont été retirées par le gaz traversé.

Ce sont des raies d'absorption.

COMPRENDRE
Un spectre de raies d'émission présente l'aspect inverse : des raies colorées sur un fond noir.

2.2 À l'aide du tableau des longueurs d'onde d'émission, quels éléments peut-on retrouver dans les couches superficielles du Soleil ? Justifier.

Données utiles Hydrogène : 410,1 ; 434,0 ; 486,1 ; 656,3 nm. Hélium : 447,2 ; 471,3 ; 492,2 ; 501,6 ; 587,6 ; 667,8 nm. Sodium : 589,0 ; 589,6 nm.

Un élément absorbe les radiations qu'il est capable d'émettre : ses raies d'absorption ont les mêmes longueurs d'onde que ses raies d'émission.

Lecture de la figure 1 (10 nm par graduation) :

- raies B, C, D et G, vers 410, 434, 486 et 656 nm : les quatre raies de l'hydrogène ;
- raies F_1 et F_2, très proches, vers 589 nm : les deux raies du sodium ;
- aucune raie vers 447, 471, 492, 502 ni 668 nm : l'hélium n'est pas mis en évidence.

Les couches superficielles du Soleil contiennent de l'hydrogène et du sodium.

PIÈGE
La raie de l'hélium à 587,6 nm tombe près du doublet F_1-F_2. Une seule coïncidence approximative ne suffit pas : il faut retrouver toutes les raies d'un élément pour conclure à sa présence.

COMPRENDRE
Les raies A, E, H et I ne correspondent à aucun élément du tableau : elles sont dues à d'autres espèces chimiques.

3 Quelle propriété de l'énergie d'un atome est évoquée dans le passage sur les livres et les étagères ?

L'énergie d'un atome ne peut prendre que certaines valeurs bien déterminées, à l'exclusion de toute valeur intermédiaire.

L'énergie de l'atome est quantifiée.

4.1 Quel est le niveau d'énergie de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène ?

L'état fondamental est celui de plus basse énergie : c'est le niveau le plus bas du diagramme.

$E = -13{,}6 \text{ eV}$

PIÈGE
Choisir le niveau 0 eV parce qu'il semble « le plus petit ». Les énergies sont négatives : la plus faible est $-13{,}6$ eV. Le niveau 0 correspond à l'atome ionisé.

4.2 Calculer la variation d'énergie de l'atome d'hydrogène lorsqu'il passe de E_1 à E_2.

Données utiles $E_1 = -0{,}37 \text{ eV}$; $E_2 = -3{,}39 \text{ eV}$

La variation est l'énergie finale moins l'énergie initiale :

$\Delta E = E_2 - E_1 = -3{,}39 - (-0{,}37)$

$\Delta E = -3{,}02 \text{ eV}$

COMPRENDRE
$\Delta E < 0$: l'atome perd de l'énergie.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$-3.39 - (-0.37)$

≈ -3.02

4.3 Convertir en joule la variation d'énergie calculée à la question 4.2.

Données utiles $\Delta E = -3{,}02$ eV (4.2) ; $1\text{ eV} = 1{,}6 \times 10^{-19}$ J

$\Delta E = -3{,}02 \times 1{,}6 \times 10^{-19}$

$\Delta E = -4{,}8 \times 10^{-19}$ J

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs seulement, car la valeur de l'électronvolt n'en comporte que deux.

À LA CALCULATRICE

rad CALCULS

$3.02 \times 1.6 \times 10^{-19}$

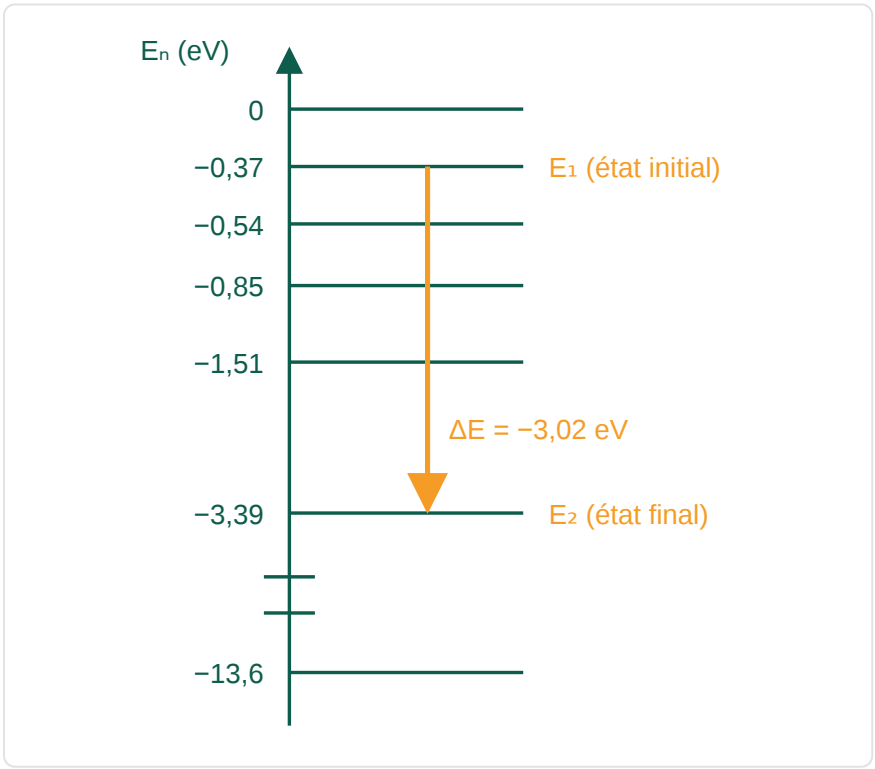
$\approx 4.832 \times 10^{-19}$

4.4 Sur le diagramme de l'annexe, représenter cette transition par une flèche.

La flèche part du niveau $E_1 = -0{,}37$ eV et pointe vers le niveau $E_2 = -3{,}39$ eV.

Flèche verticale dirigée vers le bas, de $-0{,}37$ eV à $-3{,}39$ eV (voir l'annexe complétée).

PIÈGE
Oublier la pointe de la flèche ou l'orienter vers le haut : le sens indique l'état initial et l'état final.



4.4 · Annexe complétée : la transition de E_1 vers E_2 en orange

4.5 Calculer la fréquence du photon correspondant à cette variation d'énergie.

Données utiles $|\Delta E| = 3{,}02 \times 1{,}6 \times 10^{-19}$ J (4.3) ; $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J · s

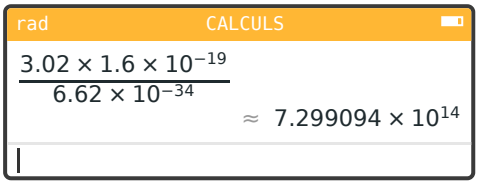
L'énergie du photon est égale à la valeur absolue de la variation d'énergie de l'atome : $|\Delta E| = h\,\nu$, donc

$$\nu = \frac{|\Delta E|}{h} = \frac{3{,}02 \times 1{,}6 \times 10^{-19}}{6{,}62 \times 10^{-34}}$$

$\nu = 7{,}3 \times 10^{14}$ Hz

PIÈGE
Garder le signe moins ou laisser ΔE en électronvolt. Une fréquence est positive, et la relation $E = h\,\nu$ exige une énergie en joule.

À LA CALCULATRICE



4.6 Ce photon est-il libéré ou absorbé par l'atome d'hydrogène ?

L'atome passe du niveau E_1 au niveau E_2, d'énergie plus basse ($\Delta E < 0$) : il cède de l'énergie au milieu extérieur sous forme de lumière.

Le photon est libéré (émis) par l'atome.

4.7 Donner le nom de la radiation du spectre de la figure 1 correspondant à cette transition.

Données utiles $c = 2{,}997 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; $\nu = 7{,}3 \times 10^{14}$ Hz (4.5)

Longueur d'onde dans le vide de la radiation :

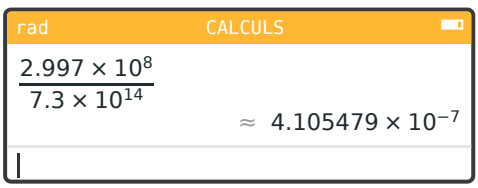
$\lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{2{,}997 \times 10^{8}}{7{,}3 \times 10^{14}} = 4{,}1 \times 10^{-7}$ m, soit environ 410 nm.

Sur la figure 1, la raie située vers 410 nm est la raie B.

La transition correspond à la raie B (raie de l'hydrogène à 410,1 nm).

COMPRENDRE
L'atome absorbe à la même longueur d'onde qu'il émet : la raie noire B traduit la transition inverse, de E_2 vers E_1, par absorption d'un photon de même énergie.

À LA CALCULATRICE



Spécialité : émission et réception en grandes ondes

Bac S 2009 Centres étrangers (ancien programme) · Exercice 4 **4 points** **Durée conseillée 52 min**

1 Montrer que les ondes émises par l'émetteur de France Inter appartiennent bien aux grandes ondes.

Données utiles $\lambda = 1852$ m ; $c_{lum} = 3{,}00 \times 10^8$ m · s^{-1} ; grandes ondes : de 150 kHz à 255 kHz

L'onde émise est électromagnétique : elle se propage à la célérité c_{lum} , et $\lambda = \dfrac{c_{lum}}{f}$, donc

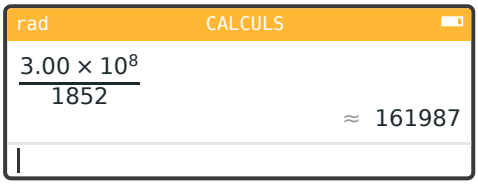
$$f = \frac{c_{lum}}{\lambda} = \frac{3{,}00 \times 10^8}{1852} = 1{,}62 \times 10^5 \text{ Hz}$$

$f = 162$ kHz, et $150\text{ kHz} < 162\text{ kHz} < 255\text{ kHz}$: France Inter émet bien en grandes ondes.

PIÈGE
Prendre la célérité du son, donnée elle aussi dans l'énoncé. Une onde radio est électromagnétique : c'est c_{lum} qu'il faut utiliser.

COMPRENDRE
Trois chiffres significatifs, comme c_{lum}, la donnée la moins précise du calcul.

À LA CALCULATRICE



2.1 Déduire de la figure 1 de l'annexe la fréquence f_m du signal modulant.

Données utiles figure 1 : deux maximums successifs de l'enveloppe sont séparés de 224 µs

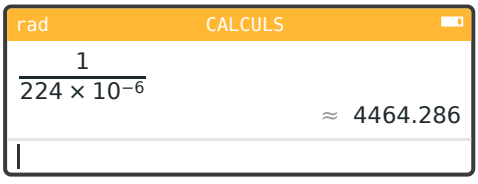
L'enveloppe du signal modulé reproduit le signal modulant : sa période est celle du signal modulant, $T_m = 224\ \mu$s (durée entre deux maximums successifs de l'enveloppe, indiquée sur la figure 1).

$$f_m = \frac{1}{T_m} = \frac{1}{224 \times 10^{-6}} = 4{,}46 \times 10^3 \text{ Hz}$$

$f_m = 4{,}46$ kHz

PIÈGE
Mesurer la période des oscillations rapides à l'intérieur de l'enveloppe : c'est celle de la porteuse. Penser aussi à convertir les microsecondes en secondes.

À LA CALCULATRICE



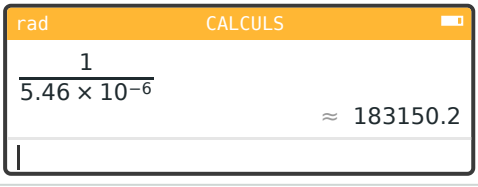
2.2.1 Calculer la fréquence f_p de la porteuse.

Données utiles $T_p = 5{,}46 \times 10^{-6}$ s

$$f_p = \frac{1}{T_p} = \frac{1}{5{,}46 \times 10^{-6}} = 1{,}83 \times 10^5 \text{ Hz}$$

$f_p = 183$ kHz

À LA CALCULATRICE



2.2.2 En déduire, à l'aide des données, la station dont provient le signal.

Données utiles $f_p = 183$ kHz (2.2.1) ; Europe 1 : $f_1 = 183$ kHz ; RMC : $f_2 = 214$ kHz

Chaque station est repérée par la fréquence de sa porteuse. Ici $f_p = 183\ \text{kHz} = f_1$.

Le signal provient de la station **Europe 1**.

2.3.1 Compléter le spectre en fréquence du signal modulé (figure 2) en précisant les fréquences des trois pics.

Données utiles $f_p = 183$ kHz (2.2.1) ; $f_m = 4{,}46$ kHz (2.1)

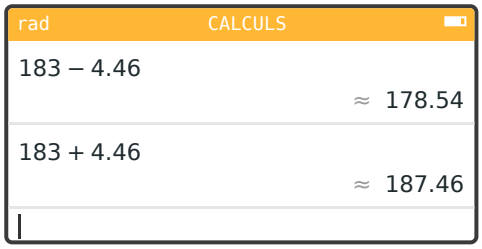
Le signal modulant étant sinusoïdal, le spectre du signal modulé comporte trois raies :

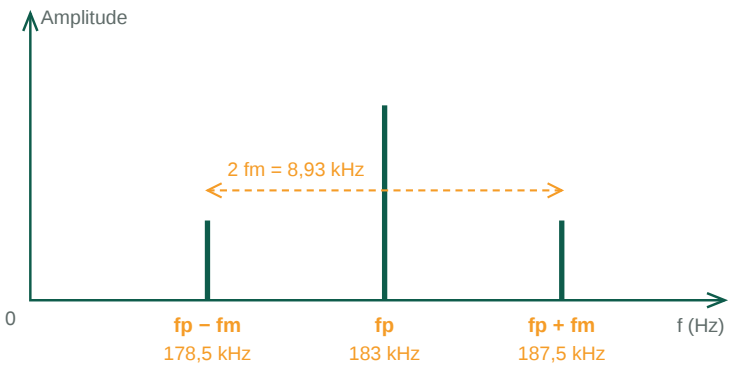
- au centre, le pic le plus haut, à la fréquence de la porteuse : $f_p = 183$ kHz ;
- à gauche : $f_p - f_m = 183 - 4{,}46 \approx 178{,}5$ kHz ;
- à droite : $f_p + f_m = 183 + 4{,}46 \approx 187{,}5$ kHz.

De gauche à droite : $f_p - f_m \approx 178{,}5$ kHz ; $f_p = 183$ kHz ; $f_p + f_m \approx 187{,}5$ kHz

PIÈGE
Placer un pic à la fréquence f_m : le signal modulé ne contient aucune raie à 4,46 kHz. Les trois pics sont regroupés autour de 183 kHz.

À LA CALCULATRICE





2.3.1 · Figure 2 complétée : la porteuse au centre, une raie latérale de chaque côté

2.3.2 Quelle est la largeur de la bande de fréquence occupée par ce signal ?

Données utiles $f_m = \dfrac{1}{T_m}$ avec $T_m = 224\ \mu\text{s}$ (2.1)

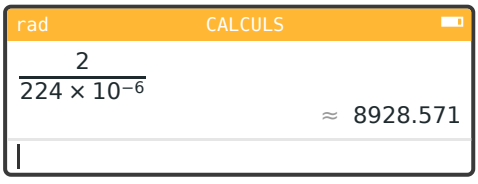
La bande occupée s'étend de $f_p - f_m$ à $f_p + f_m$. Sa largeur est

$$\Delta f = (f_p + f_m) - (f_p - f_m) = 2\,f_m = \frac{2}{T_m} = \frac{2}{224 \times 10^{-6}} = 8{,}93 \times 10^3\ \text{Hz}$$

$\Delta f = 2\,f_m = 8{,}93$ kHz

COMPRENDRE
Cette largeur ne dépend que de la fréquence la plus élevée à transmettre. Deux stations voisines doivent avoir des porteuses écartées d'au moins $2f_m$, sinon leurs bandes se recouvrent.

À LA CALCULATRICE



3.1 Quel est le nom du dispositif correspondant à l'étage n°1 de la figure 3 ? Quel signal sélectionne-t-il ?

L'étage n°1, formé de l'antenne et du dipôle LC parallèle, est le **circuit d'accord** (filtre passe-bande).

L'antenne capte les ondes de toutes les stations. Le circuit LC ne laisse subsister que les tensions dont la fréquence est voisine de sa fréquence propre $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

Circuit d'accord : il sélectionne le signal modulé de la station dont la porteuse a pour fréquence la fréquence propre du circuit LC.

COMPRENDRE
Il ne suffit pas de laisser passer f_p seule : toute la bande de $f_p - f_m$ à $f_p + f_m$ doit être conservée, car c'est elle qui porte l'information.

3.2 Quelle doit être la valeur de l'inductance L de la bobine afin de recevoir Europe 1 ?

Données utiles $f_1 = 183$ kHz ; $C = 0{,}47$ nF (figure 3) ; $f = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Pour recevoir Europe 1, la fréquence propre du circuit LC doit être égale à la fréquence de sa porteuse : $f_1 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.

En élevant au carré : $f_1^2 = \dfrac{1}{4\pi^2 LC}$, d'où

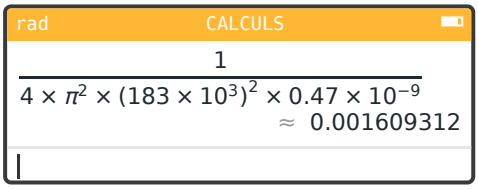
$$L = \frac{1}{4\pi^2 f_1^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 \times (183\times10^3)^2 \times 0{,}47\times10^{-9}} = 1{,}6\times10^{-3}\ \text{H}$$

$L = 1{,}6$ mH

PIÈGE
Laisser f_1 en kHz ou C en nF, ou oublier le carré sur f_1 et sur 2π. Le résultat a deux chiffres significatifs, comme C.

MÉTHODE
Pour isoler une grandeur placée sous une racine, élever d'abord les deux membres au carré, puis isoler. Vérification rapide : remettre L dans la formule doit redonner 183 kHz.

À LA CALCULATRICE



3.3.1 Expliquer succinctement le rôle de l'étage n°2.

L'étage n°2 (diode suivie du dipôle $R'C'$ parallèle) est un **détecteur d'enveloppe**.

La diode ne conserve que les alternances positives du signal modulé. Le condensateur C' se charge jusqu'à chaque crête, puis se décharge lentement dans R' jusqu'à la crête suivante : la tension à ses bornes suit les sommets des oscillations.

L'étage n°2 élimine la porteuse et restitue l'enveloppe supérieure du signal modulé, c'est-à-dire le signal modulant augmenté d'une tension continue.

3.3.2 Choisir, en justifiant, le ou les couples de composants permettant une démodulation correcte d'Europe 1, la constante de temps de $R'C'$ devant être très supérieure à la période de la porteuse et inférieure à celle du signal modulant.

Données utiles $R_1 = 10\ \text{k}\Omega$; $R_2 = 100\ \text{k}\Omega$; $C_1 = 0{,}47$ nF ; $C_2 = 0{,}47\ \mu\text{F}$; $T_p = 5{,}46 \times 10^{-6}$ s ; $f_m = 4{,}5$ kHz

Condition : $T_p \ll R'C' < T_m$, avec $T_p = 5{,}46 \times 10^{-6}$ s et $T_m = \dfrac{1}{f_m} = \dfrac{1}{4{,}5 \times 10^{3}} = 2{,}2 \times 10^{-4}$ s.

Constantes de temps des quatre couples :

- $R_1C_1 = 10 \times 10^3 \times 0{,}47 \times 10^{-9} = 4{,}7 \times 10^{-6}$ s : inférieure à T_p, ne convient pas ;
- $R_2C_1 = 100 \times 10^3 \times 0{,}47 \times 10^{-9} = 4{,}7 \times 10^{-5}$ s : environ $9\,T_p$ et inférieure à T_m, convient ;
- $R_1C_2 = 10 \times 10^3 \times 0{,}47 \times 10^{-6} = 4{,}7 \times 10^{-3}$ s : supérieure à T_m, ne convient pas ;
- $R_2C_2 = 100 \times 10^3 \times 0{,}47 \times 10^{-6} = 4{,}7 \times 10^{-2}$ s : supérieure à T_m, ne convient pas.

Un seul couple convient : $R' = R_2 = 100\ \text{k}\Omega$ et $C' = C_1 = 0{,}47$ nF ($R'C' = 4{,}7 \times 10^{-5}$ s).

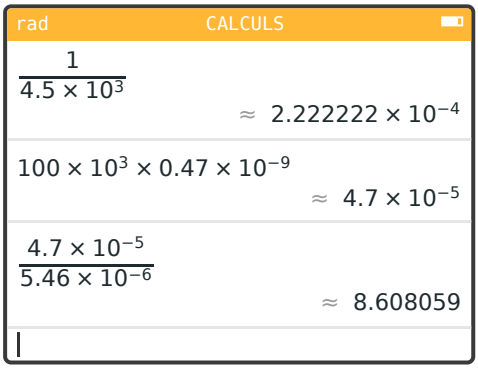
COMPRENDRE

Si $R'C'$ est trop petite, le condensateur se décharge entre deux crêtes et la porteuse reste visible. Si elle est trop grande, la tension ne redescend pas assez vite pour suivre l'enveloppe.

MÉTHODE

Encadrer d'abord la constante de temps par deux durées en secondes, puis calculer tous les produits RC possibles, kilo-ohms et nanofarads convertis, et les comparer un à un aux deux bornes.

À LA CALCULATRICE



3.3.3 Expliquer succinctement le rôle de l'étage n°3.

La tension à la sortie de l'étage n°2 est toujours positive : c'est le signal modulant décalé d'une tension continue. L'étage n°3 (dipôle $R''C''$ série) est un filtre passe-haut : le condensateur C'' bloque la composante continue et transmet la partie variable.

L'étage n°3 supprime la composante continue : u_{SM} est centrée sur 0 et reproduit le signal modulant.

3.4 Représenter sur la figure 4 l'allure du signal $u_{SM}(t)$ obtenu à la sortie de l'étage n°3 lorsque la tension $u_m(t)$ de la figure 1 est appliquée à l'entrée de l'étage n°2. Préciser les échelles.

Données utiles figure 1 : l'enveloppe supérieure varie entre 2,6 V et 6,6 V environ, avec une période de 224 µs et des maximums vers 55 µs, 280 µs et 500 µs

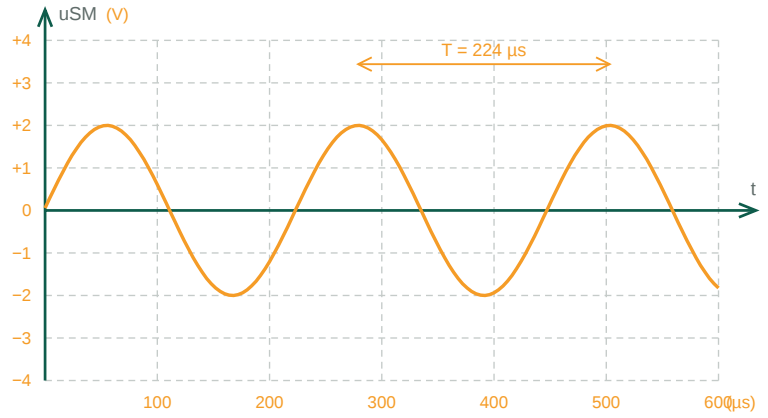
Après l'étage n°2, on obtient l'enveloppe supérieure de u_m : une tension sinusoïdale de période 224 µs, comprise entre 2,6 V et 6,6 V environ.

Sa valeur moyenne $\frac{6{,}6+2{,}6}{2} = 4{,}6$ V est la composante continue, supprimée par l'étage n°3. Il reste une sinusoïde centrée sur 0, d'amplitude $\frac{6{,}6-2{,}6}{2} = 2{,}0$ V, dont les maximums sont aux mêmes dates que ceux de l'enveloppe.

Échelles choisies : 100 µs par division horizontalement, 1 V par division verticalement.

$u_{SM}(t)$: sinusoïde centrée sur 0, de période $224\ \mu s$ et d'amplitude 2,0 V environ (voir figure 4 complétée).

PIÈGE
Recopier l'enveloppe telle quelle, entre 2,6 V et 6,6 V : ce serait la tension après l'étage n°2. Ne pas oublier de graduer les deux axes, c'est demandé.



3.4 · Figure 4 complétée : sinusoïde centrée sur 0, de période 224 µs et d'amplitude 2 V environ

À LA CALCULATRICE

